

Cite No. 10



⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑩ DE 103 01 676 A 1

⑤ Int. Cl. 7:  
C 09 K 11/02  
C 09 K 11/80  
H 01 L 33/00

⑳ Aktenzeichen: 103 01 676.7  
㉔ Anmeldetag: 17. 1. 2003  
㉕ Offenlegungstag: 18. 9. 2003

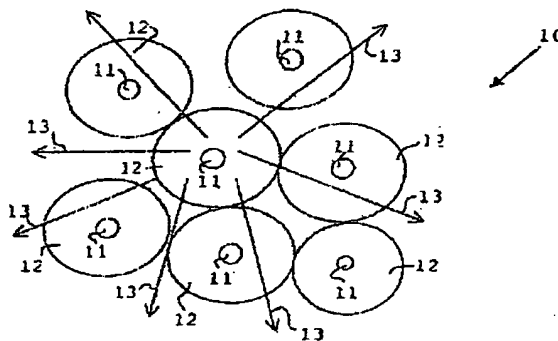
DE 103 01 676 A 1

㉔ Unionspriorität:  
PI20020780 05. 03. 2002 MY  
㉖ Anmelder:  
Agilent Technologies, Inc., Palo Alto, Calif., US  
㉗ Vertreter:  
Viering, Jentschura & Partner, 80538 München

㉚ Erfinder:  
Chua Bee Yin, Janet, Penang, MY

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

- ㉘ Beschichteter Phosphorfüllstoff und Verfahren zum Bilden eines beschichteten Phosphorfüllstoffs  
㉙ Ein verbesserter beschichteter Phosphorfüllstoff für eine optische Vorrichtung weist eine Mehrzahl individueller Phosphorfüllstoffpartikel auf und eine Deckschicht mit einer Kunststoffsubstanz, mit der jeder der Phosphorfüllstoffpartikel beschichtet ist.



DE 103 01 676 A 1

## DE 103 01 676 A 1

1

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen beschichteten Phosphorfüllstoff für eine optische Vorrichtung (z. B. eine Lumineszenzdiode, LED (= "light emitting diode"), ein Verfahren zum Bilden eines beschichteten Phosphorfüllstoffs und ein Verfahren zum Ausbilden einer LED unter Verwendung dieses beschichteten Phosphorfüllstoffs.

[0002] Gemäß dem Stand der Technik werden Phosphorfüllstoffe, welche Phosphorpartikel enthalten, in einem weiten Gebiet von Anwendungen verwendet, welches von Elektrolumineszenz- bis zu Photolumineszenzvorrichtungen reicht. Diese große Anwendungsvielfalt beruht auf den vorteilhaften physikalischen Eigenschaften von Phosphor, wie beispielsweise einer hohen Lumineszenzausbeute und Lebensdauer, sowie auf dem Vorhandensein geeigneter Emissionsfarben im optischen Emissionsspektrum.

[0003] Eine technologische Anwendung derartiger Phosphorfüllstoffe von zunehmender Bedeutung ist die Lumineszenzdiode (LED), welche einen LED-Chip aufweist, der an eine elektrisch leitende Kontaktbasis elektrisch angeschlossen ist. Der LED-Chip weist üblicherweise einen halbleitenden p-n-Übergang auf, in welchem Elektronen und Löcher, die über eine Versorgungsspannung injiziert worden sind, unter Lichtemissionen rekombinieren. Um das emittierte Licht in die Betriebsrichtung des LED-Chips zu lenken, ist der LED-Chip üblicherweise mittels einer optischen Kuppel eingekapselt, die aus transparentem Harz hergestellt ist, welches wiederum einen Phosphorfüllstoff enthalten kann, mittels dem das Lichtemissionsspektrum des LED-Chips je nach Notwendigkeit umgewandelt werden kann.

[0004] Insbesondere können aufgrund der Entwicklung der blauen Licht emittierenden LED-Chips und der Verwendung derartiger Phosphorfüllstoffe LED-Vorrichtungen zum Liefern eines breiten Farbbereichs, einschließlich der sogenannten "weißen LED", erhalten werden, die in einem breiten Gebiet von Anwendungen wie beispielsweise Verkehrsampeln und Hinweisschildern mit herkömmlichen Arten von Lichtquellen konkurrieren können.

[0005] Allgemein gesprochen können derartige Phosphorfüllstoffe auf unterschiedlichen Arten von Phosphorverbindungen basieren, und zwar sowohl auf stabilen als auch instabilen Phosphorverbindungen. Stabile Phosphorverbindungen können Mitglieder der Granaufamilie, vorzugsweise  $(Y,Gd)_3AlO_{12}$  mit  $Ce^{3+}$ -Verunreinigungen, umfassen. Instabile Phosphorverbindungen können beispielsweise  $SrGa_2S_4:Eu^{2+}$ ,  $SiS:Eu^{2+}$ ,  $(Sr,Ca)S:Eu^{2+}$  und  $ZnS:Ag$  aufweisen.

[0006] Der Vorteil eines Phosphorfüllstoffs in Form stabiler Phosphorverbindungspartikel besteht darin, dass er nicht empfindlich gegenüber Feuchtigkeit ist, welche wiederum die Zuverlässigkeit der elektrischen Vorrichtung, wie beispielsweise eines LED-Chips, verringert, die in einer Epoxidkuppel eingekapselt ist, die einen solchen Phosphorfüllstoff aufweist.

[0007] Es ist jedoch im Stand der Technik auch bekannt, dass die Leistungsfähigkeit von Vorrichtungen mit instabilen Phosphorverbindungen auch verbessert werden kann, indem das Phosphorverbindungsmaterial, d. h. die äußere Oberfläche der individuellen instabilen Phosphorverbindungspartikel, mit einem Schutzbeschichtungsfilm beschichtet wird. Insbesondere können derartige instabile Phosphorverbindungspartikel mit einem anorganischen Beschichtungsfilm beschichtet sein, welcher ein feuchtigkeitsbeständiges Barrierematerial wie beispielsweise Aluminiumoxid ( $Al_2O_3$ ), Zinksulfid ( $ZnS$ ), Siliziumnitrid ( $Si_3N_4$ ) oder dergleichen aufweist. Im Falle derartiger Füllstoffe auf Basis instabiler Phosphorverbindungen schafft der anorga-

2

nische Beschichtungsfilm auf den individuellen Phosphorverbindungspartikeln einen Schutz gegen chemische und photochemische Zersetzung der Phosphorverbindung.

[0008] Im Hinblick auf die vorherigen Erläuterungen bezieht sich der Begriff "Phosphorfüllstoff" in der nachfolgenden Beschreibung auf eine Mehrzahl von Phosphorfüllstoffpartikeln, die entweder stabile Phosphorverbindungspartikel oder mit einem anorganischen feuchtigkeitsbeständigen Beschichtungsfilm beschichtete instabile Phosphorverbindungspartikel sind.

[0009] Aus US 4,585,673 ist ein Verfahren zum Ausbilden eines Schutzbeschichtungsfilms auf instabilen Phosphorverbindungspartikeln bekannt, bei dem der Schutzbeschichtungsfilm mittels einer chemischen Gasphasenabscheidung (MOCVD = "metal organic chemical vapour deposition" = metallorganische chemische Gasphasenabscheidung) auf den Phosphorverbindungspartikeln ausgebildet wird, welche eine Suspension in einer Wirbelschicht bildet, welche in einem Temperaturgradient aufrechterhalten wird, wobei die Schutzbeschichtung ein feuerfestes Oxid wie beispielsweise Aluminiumoxid aufweist.

[0010] US 6,001,477 offenbart ein Verfahren zum Ausbilden einer kontinuierlichen nicht-korpuskularen Beschichtung einer metallischen oder metallartigen Verbindung wie beispielsweise Silizium oder Bor mittels einer Reaktion zwischen dem Metall oder der metallartigen Verbindung und einem Polymer, welches mit den Ionen des Metalls oder der metallartigen Verbindung chelaftbildend sein kann. Die resultierende Beschichtung (z. B. eine BA-PVMMMA-Beschichtung) wird chemisch an die Phosphorverbindungspartikel gebunden, was bei Aufbringung auf die Innenfläche einer Lampenhülle eine verbesserte Lumen-Beständigkeit schafft.

[0011] US 5,985,175 offenbart ein Verfahren zum Ausbilden einer kontinuierlichen, nicht-korpuskularen Beschichtung von Boroxid auf individuellen instabilen Phosphorverbindungspartikeln, um die Quantenausbeute der Phosphorverbindungspartikel unter ultravioletter (UV) und vakuumultravioletter (VUV) Anregung zu erhöhen. Das Verfahren beinhaltet die Reaktion eines borhaltigen Precursors mit einem oxidierenden Gas in einer Wirbelschicht aus Phosphorpartikeln.

[0012] Darüber hinaus sowie in allgemeinerer Hinsicht offenbart EP 0 539 211 B1 ein Verfahren zum Herstellen eines leitfähigen Füllstoffs vom Mikrokapseltyp, wobei dieser Füllstoff in einem epoxidartigen einkomponentigen Haftmittel dispergiert ist.

[0013] Ein möglicher Aufbau eines Phosphorfüllstoffs 100 gemäß dem Stand der Technik ist in Fig. 2a schematisch dargestellt. Der Phosphorfüllstoff 100 weist eine Mehrzahl instabiler Phosphorverbindungspartikel 101 auf, wobei jeder Phosphorverbindungspartikel 101 mit einem anorganischen Beschichtungsfilm 102 beschichtet ist. Der anorganische Beschichtungsfilm 102 besteht aus geeignetem feuchtigkeitsbeständigem Barrierematerial wie beispielsweise Aluminiumoxid ( $Al_2O_3$ ) und weist eine Dicke im Bereich von etwa 3 bis 4  $\mu m$  auf.

[0014] Wenn die Dicke des Beschichtungsfilms 102 groß ist, bewirkt der Beschichtungsfilm 102 eine signifikante Verschlechterung der optischen Durchlässigkeit. Andererseits ist dann, wenn die Dicke des Beschichtungsfilms 102 niedrig ist, der Abstand zwischen benachbarten Phosphorverbindungspartikeln 101 relativ gering. Infolgedessen ist die Wahrscheinlichkeit groß, dass Licht, welches durch Lichtstrahlen 103 symbolisiert wird, welches von einer LED emittiert wird, wie sie weiter unten unter Bezugnahme auf Fig. 2b beschrieben wird, von umgebenden Phosphorverbindungspartikeln 101 wieder absorbiert wird, und daher ist

## DE 103 01 676 A 1

3

die in einer LED unter Verwendung dieser Art von Phosphorfüllstoffen erhaltene Helligkeit gering.

[0015] Eine typische LED 200, wie sie schematisch in Fig. 2b dargestellt ist, weist einen LED-Typ 201 auf, der auf einem ersten elektrisch leitenden Rahmen montiert ist. Der erste elektrisch geladene Rahmen 202 ist mit einer Reflektorschale 202a versehen, welche eine Ausnehmung aufweist, in der der LED-Chip 201 montiert ist. Wenigstens zwei Elektroden (nicht gezeigt), die oberflächenmontierte Elektroden sein können, sind auf diesem LED-Chip angebracht, wobei die eine mittels einer ersten Verdrahtung 203 an den ersten elektrisch leitenden Rahmen 202 elektrisch angeschlossen ist, und wobei die andere mittels einer zweiten Verdrahtung 204 an einen zweiten elektrisch leitenden Rahmen 205 elektrisch angeschlossen ist.

[0016] Der LED-Chip 201 ist mittels eines Tropfens 206 bedeckt, der eine Mischung aus Epoxid und einem darin dispergierten Phosphorfüllstoff aufweist, wobei der Tropfen 206 nahezu die gesamte Ausdehnung der Reflektorschale 202a ausfüllt. Die Phosphorverbindungspartikel des Phosphorfüllstoffs können mit einem Beschichtungsfilm beschichtet sein, der ein feuchtigkeitsbeständiges Barrierematerial wie beispielsweise Aluminiumoxid ( $Al_2O_3$ ) aufweist, d. h. es kann eine Struktur wie oben im Zusammenhang mit Fig. 2a beschrieben wurde, ausgebildet werden.

[0017] Ferner ist der überwiegende obere Teil der elektrisch leitenden ersten und zweiten Rahmen 202 und 205 sowie die gesamte Anordnung, die aus dem von dem Tropfen 206 bedeckten LED-Chip 201 und den Verdrahtungen 203 und 204 gebildet wird, mittels einer optischen Kuppel (oder optischen Linse) 207 eingekapselt, die aus transparentem Epoxid gebildet ist.

[0018] Die LED 200 kann beispielsweise als weiße Lumineszenzdiode betrieben werden, wobei Phosphorverbindungspartikel in dem Tropfen 206 ein breites Band von gelbem, gelbgrünem oder rotgrünem Licht, mit nicht-absorbiertem blauen Licht von dem LED-Chip 201, reemittieren.

[0019] Zwei geläufige Verfahren zum Ausbilden einer LED-Vorrichtung sind in Fig. 3 schematisch dargestellt. Diese Verfahren werden im allgemeinen als das sogenannte "Vormisch-Verfahren" (= "pre-mix"-Verfahren, Fig. 3a) und das "Voreintauch-Verfahren" (= "pre-dep"-Verfahren, Fig. 3b) bezeichnet.

[0020] In dem sogenannten "Voreintauch-Verfahren" wird, wie aus Fig. 3b ersichtlich ist, ein LED-Chip 301 einer LED-Vorrichtung 300 innerhalb einer Reflektorschale 302 einer Metallbasis 303 in einem ersten Schritt platziert. Dann wird der LED-Chip 301 elektrisch mittels Verdrahtungen 304 an die Metallbasis 303 angeschlossen. In dem nächsten Schritt wird ein Tropfen 305, der eine Mischung aus Phosphorverbindungspartikeln 306 und Epoxid 307 enthält, in die Reflektorschale 302 eingefüllt, um den LED-Chip 301 abzudecken. Schließlich wird die gesamte Struktur aus dem den LED-Chip 301 abdeckenden Tropfen 305, der Verdrahtung 304 und der Metallbasis 303 mit Epoxid übergossen, um eine transparente optische Kuppel 308 auszubilden.

[0021] Im Gegensatz zu diesem Verfahren wird bei dem sogenannten "Vormisch-Verfahren" eine Prozedur vermieden, bei welcher der LED-Chip 301 in zwei Schritten bedeckt wird. Um diese Vereinfachung des Herstellungsverfahrens zu erreichen, wird der LED-Chip 301, wie aus Fig. 3a ersichtlich ist, in nur einem Schritt von einer optischen Kuppel 309 übergossen, die eine vorgemischte Mischung aus Phosphorverbindungspartikeln 310 und Epoxid 311 aufweist.

[0022] Dementsprechend liefert, während das Vormischverfahren gemäß Fig. 3a den Herstellungsprozess vereinfacht, das Voreintauchverfahren gemäß Fig. 3b aufgrund der

4

vollständig transparenten Kuppel 308 eine effizientere Lichtausbeute aus dem LED-Chip 301.

[0023] Allerdings weisen optische Vorrichtungen wie eine Lumineszenzdiode (LED), welche Phosphorfüllstoffe gemäß dem Stand der Technik aufweist, d. h. stabile oder instabile Phosphorverbindungspartikel, die mit keinem oder nur einem Schutzbeschichtungsfilm beschichtet sind, wobei der Beschichtungsfilm aus z. B. Aluminiumoxid besteht, aus den folgenden Gründen Nachteile auf:

(1) Ein signifikantes Grundproblem der LED-Vorrichtungen des oben beschriebenen Typs gemäß dem Stand der Technik besteht darin, dass der Phosphorfüllstoff, d. h. die individuellen Phosphorverbindungspartikel, zu einer Agglomeration neigen. Dieses Problem tritt gleichermaßen für sämtliche oben beschriebenen Arten von Phosphorfüllstoffen auf, d. h. sowohl für stabile Phosphorverbindungspartikel als auch für instabile Phosphorverbindungspartikel, welche mit einem anorganischen, feuchtigkeitsbeständigen Beschichtungsfilm beschichtet sind. Eine derartige Agglomeration führt jedoch zu einer Reihe von Nachteilen in den Leistungskennwerten der LED-Vorrichtung, wie beispielsweise einer ungleichmäßigen Spektral- und Helligkeitsverteilung des emittierten Lichts über die emittierende Oberfläche der Vorrichtung, einen Verlust an Helligkeit der LED-Vorrichtung aufgrund von Reabsorptionseffekten zwischen benachbarten, agglomerierten Phosphorpartikeln, etc.

(2) Die LED-Vorrichtungen gemäß dem Stand der Technik, welche instabile Phosphorverbindungspartikel als Phosphorfüllstoff aufweisen, die mit einem anorganischen Film beschichtet sind, besitzen eine relativ schwache Lichtausbeute. Mit anderen Worten wird die von einer derartigen Vorrichtung emittierte Lichtmenge verglichen zu der Lichtmenge, die von einer Vorrichtung emittiert würde, die keinen derartigen Phosphorfüllstoff aufweist, wesentlich reduziert. Dies ist auf die Tatsache zurückzuführen, dass der Brechungsindex des anorganischen Beschichtungsfilms, wie beispielsweise von Aluminiumoxid, sich von dem Brechungsindex des Epoxidharzes unterscheidet, was dazu führt, dass Licht, welches auf die Einkapselungskuppel trifft und diese passiert, eine mehrfache Totalreflexion an den anorganischen Beschichtungsfilm-Epoxid-Grenzflächen erfährt und dadurch innerhalb der Kuppel eingefangen wird.

(3) In der LED-Vorrichtung 200 gemäß dem Stand der Technik weisen die instabilen Phosphorpartikel in dem Tropfen 206 eine relativ große Empfindlichkeit gegenüber Feuchtigkeit auf, welche in den Tropfen 206 eindringen und die darin befindlichen instabilen Phosphorverbindungspartikel angreifen kann. Folglich wird die LED 200 Alterungseffekten ausgesetzt, so dass die Zuverlässigkeit einer derartigen LED gemäß dem Stand der Technik relativ gering ist. Dieser Effekt ist besonders in Anwendungen wie Verkehrsampeln oder Anzeigetafeln nachteilig, welche im allgemeinen Lebenszeiten der verwendeten optischen Vorrichtung von mehr als 105 Stunden erfordern.

(4) Wenn instabile Phosphorverbindungspartikel in dem Tropfen 206 der LED 200 verwendet werden, die individuell mit einem Schutzbeschichtungsfilm aus z. B. Aluminiumoxid beschichtet sind, reduziert die Schutzbeschichtung die optische Durchlässigkeit des Tropfens 206 und hierdurch die Helligkeit der LED 200. Dementsprechend sind die Dicke dieser Schutzbeschichtung und demzufolge der Schutz der instabilen

## DE 103 01 676 A 1

5

Phosphorverbindungspartikel begrenzt

[0024] Dementsprechend ist die Leistungsfähigkeit von LEDs, welche Phosphorfüllstoffe gemäß dem Stand der Technik verwenden, unzureichend, und zwar insbesondere hinsichtlich des Agglomerationsproblems, aber auch, zumindest im Falle instabiler Phosphorverbindungspartikel, auch hinsichtlich der Lichtausbeute, d. h. der Helligkeit der LED. Dementsprechend ist die Zuverlässigkeit der bekannten LED-Vorrichtungen gering.

[0025] Ein Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, einen Phosphorfüllstoff und ein Verfahren zum Ausbilden eines Phosphorfüllstoffs zu schaffen, welche die Herstellung optischer Vorrichtungen, wie beispielsweise Lumineszenzdioden (LEDs) einschließlich Laserdioden ermöglichen, die ein verbessertes Leuchtverhalten und eine erhöhte Zuverlässigkeit aufweisen.

[0026] Ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, eine Lumineszenzdiode (LED) (oder eine Laserdiode) und ein Verfahren zum Ausbilden einer Lumineszenzdiode (oder einer Laserdiode) mit verbessertem Leuchtverhalten und erhöhter Zuverlässigkeit zu schaffen.

[0027] Ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, einen Phosphorfüllstoff zu schaffen, welcher unabhängig davon, ob er auf stabilen oder instabilen Phosphorverbindungen basiert, in der transparenten Kunststoffsubstanz wie beispielsweise Epoxidharz der optischen Kuppel optischer Vorrichtungen gleichmäßig dispergiert werden kann.

[0028] Ein weiteres Ziel der Erfindung ist es, einen Phosphorfüllstoff zu schaffen, welcher gleichmäßig dispergiert werden kann und bei dem gleichzeitig die nachteiligen Effekte eines dicken anorganischen Beschichtungsfilms oder instabiler Phosphorverbindungspartikel beseitigt oder zumindest reduziert werden.

[0029] Gemäß einem Aspekt der Erfindung wird ein beschichteter Phosphorfüllstoff geschaffen, welcher eine Mehrzahl individueller Phosphorfüllstoffpartikel aufweist, die mit einer Deckschicht beschichtet sind, welche eine Kunststoffsubstanz, vorzugsweise eine optisch transparente Epoxidverbindung, aufweist.

[0030] Die Erfindung wird nachstehend anhand von in den beigefügten Abbildungen dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

[0031] Fig. 1a und 1b schematische Darstellungen bevorzugter Ausführungsformen des beschichteten Phosphorfüllstoffs gemäß der vorliegenden Erfindung und dessen Auswirkung auf das Lichtemissionsvermögen;

[0032] Fig. 2a-2b schematische Darstellungen eines Phosphorfüllstoffs gemäß dem Stand der Technik (Fig. 2a) und eine schematische Darstellung einer Lumineszenzdiode (LED) gemäß dem Stand der Technik (Fig. 2b); und

[0033] Fig. 3a und 3b alternative Ausführungsformen eines Verfahrens zum Ausbilden einer Lumineszenzdiode (LED).

[0034] Wie noch detaillierter beschrieben wird, weist ein beschichteter Phosphorfüllstoff eine Mehrzahl individueller Phosphorfüllstoffpartikel auf, die mit einer Deckschicht beschichtet sind, welche eine Kunststoffsubstanz, vorzugsweise eine optisch transparente Epoxidverbindung, aufweist.

[0035] Aufgrund dieser Struktur des beschichteten Phosphorfüllstoffs wird die Leistungsfähigkeit einer optischen Vorrichtung, wie beispielsweise einer LED, die einen derartigen beschichteten Phosphorfüllstoff verwendet, wesentlich im Hinblick auf Lichtausbeute, d. h. Helligkeit der LED-Vorrichtung, sowie Zuverlässigkeit der LED-Vorrichtung verbessert. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass eine vergrößerte Zuverlässigkeit der erhaltenen LED erreicht wird,

6

und zwar aufgrund einer besseren Passivierung der individuellen Phosphorfüllstoffpartikel gegenüber erhöhten Temperaturen und Luftfeuchtigkeit.

[0036] Da hinsichtlich der optischen Durchlässigkeit des Phosphorfüllstoffs die Dicke der Deckschicht, die gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hergestellt wurde, unkritisch ist, kann der Abstand zwischen benachbarten Phosphorfüllstoffpartikeln ohne Beeinträchtigung der optischen Durchlässigkeit oder Lichtausbeute signifikant erhöht werden. Folglich kann der Beschichtungsfilm gemäß der vorliegenden Erfindung eine Agglomeration zwischen benachbarten Phosphorpartikeln verhindern, was einen fundamentalen Vorteil des beschichteten Phosphorfüllstoffs gemäß der Erfindung darstellt. Ferner werden Reflexionseffekte zwischen verschiedenen Phosphorfüllstoffpartikeln verhindert und das Leuchtverhalten der LED-Vorrichtung wird unter Verwendung des erfindungsgemäßen beschichteten Phosphorfüllstoffs verbessert.

[0037] Ferner kann eine signifikante Verbesserung der Lichtausbeute bei einer optischen Vorrichtung erreicht werden, die einen beschichteten Phosphorfüllstoff verwendet, der gemäß der Erfindung hergestellt ist. Einerseits wird dieser Effekt aufgrund einer Modifikation der Brechungsindizes zwischen den individuellen Phosphorfüllstoffpartikeln und der äußeren Epoxideinkapselung erreicht. Der erfindungsgemäße Aufbau des beschichteten Phosphorfüllstoffs ist besonders vorteilhaft, da die Deckschicht die Kunststoffsubstanz beinhaltet, insbesondere wenn sie eine optisch transparente Epoxidverbindung enthält, welche zusätzliche "Schnittstellen" zwischen den individuellen Phosphorfüllstoffpartikeln und der äußeren Epoxideinkapselung schafft. Diese "Schnittstellen", vorzugsweise Epoxid-Epoxid-Schnittstellen bzw. Grenzflächen, haben die Wirkung, dass sie die Lichtausbeute der optischen Vorrichtung aufgrund einer Modifikation des Brechungsindex vergrößern, da eine Modifikation des Brechungsindex zu einer Verminderung der Fresnel-Reflexionsverluste führt, die andernfalls signifikant sein können, da der Brechungsindex z. B. des verwendeten LED-Chips relativ groß im Vergleich zu dem Brechungsindex der umgebenden Epoxidverbindung ist. Dementsprechend werden bei der Anwesenheit zusätzlicher Epoxid-Epoxid-Schnittstellen zwischen dem LED-Chip und der umgebenden Epoxideinkapselung diese Fresnel'schen Reflexionsverluste reduziert und die Lichtausbeute wird vergrößert.

[0038] Andererseits beruht eine signifikante Verbesserung der Lichtausbeute in einer optischen Vorrichtung, welche den erfindungsgemäßen beschichteten Phosphorfüllstoff verwendet, auch auf der Tatsache, dass die Notwendigkeit dicker Schutzschichten aus z. B. einem anorganischen Passivierungsmaterial entfällt. Derartige Schutzschichten, mit denen die individuellen Phosphorpartikel beschichtet sind, führen zu einer signifikanten Beeinträchtigung der Lichtausbeute, da sie einen signifikanten Anteil des Lichtes, welches beispielsweise von dem LED-Chip emittiert wird, absorbieren. In der vorliegenden Erfindung ist eine derartige Schutzpassivierungsschicht völlig entbehrlich, (für den Fall, dass die Phosphorfüllstoffpartikel stabile Phosphorverbindungspartikel sind), oder die Dicke einer solchen Passivierungsschicht kann wesentlich reduziert werden (für den Fall, dass die Phosphorfüllstoffpartikel instabile Phosphorverbindungspartikel sind und eine zusätzliche, jedoch relativ dünne Barrierschicht zwischen der Deckschicht und den individuellen Phosphorfüllstoffpartikeln vorgesehen ist).

[0039] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform wird die erfindungsgemäße Struktur des beschichteten Phosphorfüllstoffs auf Phosphorfüllstoffpartikel angewandt, die aus instabilen Phosphorverbindungspartikeln gebildet sind, wel-

DE 103 01 676 A 1

7

8

che mit einem feuchtigkeitsbeständigen Barrierefilm beschichtet wurden. In diesem Falle wird der Barrierefilm mit der Deckschicht, welche die optisch transparente Epoxidverbindung aufweist, beschichtet. Die Phosphorverbindungspartikel können beispielsweise zumindest eine der Komponenten  $\text{SrGa}_2\text{S}_4 : \text{Eu}^{2+}$ ,  $\text{SrS} : \text{Eu}^{2+}$ ,  $(\text{Sr,Ca})\text{S} : \text{Eu}^{2+}$  und  $\text{ZnS} : \text{Ag}$  aufweisen.

[0040] Bei dem Aufbau des beschichteten Phosphorfüllstoffs gemäß der bevorzugten Ausführungsform besteht die Hauptaufgabe des Barrierefilms darin, die instabilen individuellen Phosphorverbindungspartikel vor Alterungseffekten zu schützen, die durch Umgebungseinflüsse wie beispielsweise Feuchtigkeit hervorgerufen werden, wodurch jegliche Änderung in der chemischen Zusammensetzung der instabilen Phosphorverbindungspartikel vermieden und ihre Quantenausbeute erhalten wird.

[0041] Gemäß einer anderen bevorzugten Ausführungsform kann jedoch die erfindungsgemäße Struktur des beschichteten Phosphorfüllstoffs auch auf Phosphorfüllstoffpartikel angewandt werden, die mittels stabiler Phosphorverbindungspartikel ausgebildet wurden, welche nicht mit einem feuchtigkeitsbeständigen Barrierefilm beschichtet werden müssen. In diesem Falle können die Phosphorfüllstoffpartikel zumindest ein Mitglied der Granatfamilie, vorzugsweise  $(\text{Y,Gd})\text{Al}_3\text{O}_{12}$  mit  $\text{Ce}^{3+}$ -Verunreinigungen, aufweisen.

[0042] Die Hauptaufgabe der Deckschicht besteht darin, eine Agglomeration der Phosphorfüllstoffpartikel (die gemäß einer der obigen Ausführungsformen ausgebildet wurden) zu verhindern und die Lichtausbeute zu verbessern, um die Helligkeit der LED-Vorrichtung zu vergrößern, und auch den Barrierefilm gegen jegliche chemische Zersetzungseffekte zu schützen. Ferner kann die Deckschicht auch zusätzliche Schnittstellen zwischen den individuellen Phosphorfüllstoffpartikeln und der äußeren Epoxideinkapselung schaffen, wie bereits oben erläutert wurde, was ebenfalls zu einer Verbesserung der Lichtausbeute und der Helligkeit der optischen Vorrichtung beiträgt.

[0043] Der Barrierefilm wird vorzugsweise aus einem anorganischen Passivierungsmaterial gebildet, welches ein Material aus der Gruppe enthalten kann, welche aus Aluminiumoxid, Siliziummonoxid, Zinksulfid oder Siliziumnitrid besteht.

[0044] Die Dicke der Deckschicht liegt vorzugsweise im Bereich von 2 bis 6  $\mu\text{m}$ , noch bevorzugter 3 bis 5  $\mu\text{m}$ .

[0045] Die Dicke des feuchtigkeitsbeständigen Barrierefilms liegt vorzugsweise im Bereich von 0,1 bis 2  $\mu\text{m}$ . Insbesondere beträgt die Dicke der Deckschicht zumindest das Zweifache der Dicke des Barrierefilms. Dies ist besonders vorteilhaft, da aufgrund der optischen Transparenz der Deckschicht die Dicke der Deckschicht weniger kritisch als die Dicke des Barrierefilms ist, wobei letzterer relativ viel Licht absorbiert, welches z. B. von dem LED-Chip emittiert wurde. Andererseits liefert die große Dicke der Deckschicht einen effektiven Schutz der individuellen Phosphorfüllstoffpartikel gegen Agglomeration.

[0046] Die Dicke der Deckschicht kann auch das Zweifache bis Zehnfache der Dicke des Barrierefilms betragen.

[0047] Die Phosphorfüllstoffpartikel besitzen vorzugsweise eine kugelförmige Form, was zu einem relativ leichten Präparationsverfahren führt. Ferner stellt eine derartige Form eine optimale optische und geometrische Struktur dar und ermöglicht hohe Packungsdichten in sehr dünnen Deckschichten mit relativ geringer Lichtstreuung.

[0048] Die Epoxidverbindung enthält vorzugsweise hydrophobe Rückstände, die eine feuchtigkeitsabweisende Barriere ausbilden, was einen zusätzlichen Feuchtigkeitsschutz der individuellen Phosphorfüllstoffpartikel gewährt.

leistet.

[0049] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung werden bei einem Verfahren zum Ausbilden eines beschichteten Phosphorfüllstoffs, insbesondere zur Verwendung in Lumineszenzdioden, welcher eine Mehrzahl individueller Phosphorfüllstoffpartikel aufweist, die Phosphorfüllstoffpartikel mit einer Deckschicht beschichtet, die eine Kunststoffsubstanz aufweist.

[0050] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform werden instabile Phosphorverbindungspartikel als die Phosphorfüllstoffpartikel verwendet, und der Schritt der Beschichtung der Phosphorfüllstoffpartikel mit einer Deckschicht weist ferner die Schritte der Beschichtung dieser instabilen Phosphorverbindungspartikel mit einem feuchtigkeitsbeständigen Barrierefilm und des Beschichtens der äußeren Oberfläche des feuchtigkeitsbeständigen Barrierefilms mit der Deckschicht auf.

[0051] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform wird der Schritt der Beschichtung der instabilen Phosphorverbindungspartikel mit einem feuchtigkeitsbeständigen Barrierefilm durchgeführt, indem der feuchtigkeitsbeständige Barrierefilm in Lösung gebildet wird. Der Schritt der Beschichtung der äußeren Oberfläche des feuchtigkeitsbeständigen Barrierefilms mit der Deckschicht kann durchgeführt werden, indem die Deckschicht auf dem feuchtigkeitsbeständigen Barrierefilm physikalisch abgeschieden wird.

[0052] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform umfasst ein Verfahren zum Ausbilden einer Lumineszenzdioden (LED) das Aufbringen eines LED-Chips auf einer Kontaktbasis, das elektrische Anschließen des LED-Chips an einen ersten und einen zweiten elektrisch leitenden Rahmen, und das Bedecken des LED-Chips mit einem beschichteten Phosphorfüllstoff, wobei der beschichtete Phosphorfüllstoff eine Mehrzahl von Phosphorfüllstoffpartikeln aufweist, wobei der beschichtete Phosphorfüllstoff einer Vorbehandlung ausgesetzt wird, bei der die Phosphorfüllstoffpartikel mit einer Deckschicht beschichtet werden, die eine Kunststoffsubstanz aufweist.

[0053] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform werden instabile Phosphorverbindungspartikel als Phosphorfüllstoffpartikel verwendet, und der Schritt der Beschichtung der Phosphorfüllstoffpartikel mit einer Deckschicht weist die Schritte auf: Beschichten der instabilen Phosphorverbindungspartikel mit einem feuchtigkeitsbeständigen Barrierefilm, und Beschichten der äußeren Oberfläche des feuchtigkeitsbeständigen Barrierefilms mit der Deckschicht.

[0054] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform umfasst der Schritt des Bedeckens des LED-Chips mit einem beschichteten Phosphorfüllstoff in dem ersten elektrisch leitfähigen Rahmen die Schritte des Bedeckens des LED-Chips mit einem Tropfen des beschichteten Phosphorfüllstoffs in einer Reflektorschale, die in dem ersten elektrisch leitfähigen Rahmen vorgesehen ist, und des Übergießens des Tropfen und zumindest eines Teils des ersten elektrisch leitenden Rahmens mit einer optischen Kuppel, die aus einem optisch transparenten Epoxid besteht.

[0055] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform umfasst der Schritt des Bedeckens des LED-Chips mit einem beschichteten Phosphorfüllstoff in dem ersten elektrisch leitfähigen Rahmen die Schritte des Bildens einer Mischung aus einer Mehrzahl individueller Phosphorfüllstoffpartikel und einem optisch transparenten Epoxid, und des Übergießens des LED-Chips und zumindest eines Teils des ersten elektrisch leitenden Rahmens mit der Mischung zur Ausbildung einer optischen Kuppel.

[0056] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird eine Mischung insbesondere zur Verwen-

## DE 103 01 676 A 1

9

10

dung in dem oben genannten Verfahren geschaffen. Diese Mischung ist eine Mischung aus einer Mehrzahl der individuellen Phosphorfüllstoffpartikel und einem optisch transparenten Epoxid, wobei die Phosphorfüllstoffpartikel mit einer Deckschicht beschichtet sind, die eine Kunststoffsubstanz aufweist und insofern vorteilhaft ist, als die notwendigen Komponenten nicht in jedem Herstellungsprozeß präpariert werden müssen, um die oben genannten gewünschten Effekte der vorliegenden Erfindung zu erreichen.

[0057] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist eine Lumineszenzdiode (LED) einen LED-Chip, welcher auf einer Kontaktbasis angebracht ist, wobei der LED-Chip an einen ersten und einen zweiten elektrisch leitenden Rahmen elektrisch angeschlossen ist, und einen beschichteten Phosphorfüllstoff auf, wobei der beschichtete Phosphorfüllstoff eine Mehrzahl von Phosphorfüllstoffpartikeln aufweist und den LED-Chip bedeckt, wobei die Phosphorfüllstoffpartikel mit einer Deckschicht beschichtet sind, welche eine Kunststoffsubstanz aufweisen.

[0058] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist der LED-Chip mit einem Tropfen des beschichteten Phosphorfüllstoffs in einer Reflektorschale bedeckt, die in dem ersten elektrisch leitfähigen Rahmen vorgesehen ist, und der Tropfen und zumindest ein Teil des ersten elektrisch leitenden Rahmens sind von einer optischen Kuppel übergrossen, die aus einem optisch transparenten Epoxid besteht.

[0059] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform sind der LED-Chip und zumindest ein Teil des ersten elektrisch leitenden Rahmens mit einer Mischung aus einer Mehrzahl von individuellen Phosphorfüllstoffpartikeln und einem optisch transparenten Epoxid übergrossen, wobei die Mischung eine optische Kuppel ausbildet.

[0060] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist eine optische Kuppel vorgesehen, welche den LED-Chip bedeckt und aus einem Epoxid-Material besteht, wobei sie einen Schutz der gesamten Anordnung ohne Beeinträchtigung ihrer optischen Eigenschaften bietet.

[0061] Fig. 1a und 1b zeigen in einer schematischen Ansicht den Effekt des erfindungsgemäßen Aufbaus der beschichteten Phosphorverbindung auf die Fähigkeit zur Lichtemission.

[0062] Fig. 1a zeigt eine bevorzugte Ausführungsform eines beschichteten Phosphorfüllstoffs 10 gemäß der vorliegenden Erfindung. Der beschichtete Phosphorfüllstoff 10 weist eine Mehrzahl von stabilen Phosphorverbindungspartikeln 11 auf, die zumindest ein Mitglied der Granatfamilie, vorzugsweise  $(YGa)_3Al_5O_{12}$  mit  $Ce^{3+}$ -Verunreinigungen aufweist.

[0063] Die individuellen Phosphorverbindungspartikel 11 weisen eine kugelförmige Form auf, und jeder Phosphorverbindungspartikel besitzt einen Durchmesser im Bereich von  $10 \pm 5 \mu m$ . Jeder der Phosphorverbindungspartikel 11 ist mit einer Deckschicht 12 beschichtet, die eine Kunststoffsubstanz, vorzugsweise ein optisch transparentes Epoxid, aufweist. Gemäß dieser bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist der Beschichtungsfilm 3-4  $\mu m$  dick.

[0064] Vorzugsweise ist die Deckschicht 12 auf den individuellen Phosphorpartikeln dadurch aufgetragen, dass der Beschichtungsfilm auf den individuellen Phosphorverbindungspartikeln physikalisch abgeschieden wird. Dies kann beispielsweise mittels eines Eintauchens der Phosphorverbindungspartikel in dem Epoxid, gefolgt von einer Trocknungsperiode, durchgeführt werden.

[0065] Die Epoxidverbindung, welche die Deckschicht 12 ausbildet, enthält vorzugsweise hydrophobe Reste, welche eine zusätzliche feuchtigkeitsschützende Barriere aufbauen und hierdurch für einen zusätzlichen Schutz der stabilen Phosphorverbindungspartikel 11 sorgen.

[0066] Experimente haben gezeigt, dass die Phosphorfüllstoffe, die mit einem Beschichtungsfilm gemäß der Erfindung beschichtet wurden, nicht zu einer Agglomeration neigen, wenn die Phosphorfüllstoffpartikel in dem Epoxid dispergiert werden, welches beispielsweise zur Ausbildung einer transparenten optischen Kuppel über dem LED-Chip ausgebildet wird.

[0067] Da ferner die Deckschicht 12 aus einem transparenten Epoxidmaterial gebildet ist, beeinträchtigt sie nicht die Lichtausbeute der optischen Vorrichtung, z. B. des LED-Chips. Wie aus Fig. 1a ersichtlich ist, werden Lichtstrahlen, die durch Pfeile 13 symbolisiert sind, aus einem speziellen Phosphorpartikel emittiert, ohne dass sie von den umgebenden Phosphorpartikeln 11 oder von dem Beschichtungsfilm 12 gestört werden. Folglich wird die Helligkeit einer optischen Vorrichtung wie beispielsweise einer LED, welche den Phosphorfüllstoff gemäß der Erfindung 10 verwendet, vergrößert.

[0068] Fig. 1b zeigt eine andere bevorzugte Ausführungsform eines beschichteten Phosphorfüllstoffs 20 gemäß der Erfindung. In dieser Ausführungsform weist der beschichtete Phosphorfüllstoff eine Mehrzahl instabiler Phosphorverbindungspartikel 21 auf, die beispielsweise zumindest eine der Komponenten  $SrGa_2S_4:Eu^{2+}$ ,  $SrS:Eu^{2+}$ ,  $(Sr,Ca)S:Eu^{2+}$  und  $ZnS:Ag$  aufweisen.

[0069] Jeder individuelle Phosphorverbindungspartikel ist mit einem Film 22 beschichtet, der aus einem geeigneten feuchtigkeitsabweisenden Barrierematerial, vorzugsweise einem anorganischen Passivierungsmaterial wie beispielsweise Aluminiumoxid ( $Al_2O_3$ ) besteht. Das Barrierematerial kann auch andere Arten von Passivierungsmaterialien wie beispielsweise Siliziummonoxid ( $SiO$ ), Zinkoxid oder Siliziumnitrid ( $Si_3N_4$ ) aufweisen.

[0070] Die Beschichtung der instabilen Phosphorverbindungspartikel mit dem feuchtigkeitsbeständigen Barrierematerial 22 wird vorzugsweise mit dem sogenannten nasschemischen Prozess durchgeführt. Wiederum kann die Deckschicht 23 auf dem feuchtigkeitsbeständigen Barrierematerial 22 aufgetragen werden, indem der Beschichtungsfilm auf dem feuchtigkeitsbeständigen Barrierematerial 22 physikalisch abgeschieden wird, was beispielsweise mittels eines Eintauchens der Phosphorverbindungspartikel durchgeführt werden kann, welche mit dem Film 22 aus Epoxid beschichtet sind, und einer nachfolgenden Trocknungsperiode.

[0071] Gemäß der Erfindung wird auf jedem feuchtigkeitsbeständigen Barrierematerial 22 eine Deckschicht 23 aufgebracht, welche der Deckschicht 12 in dem beschichteten Phosphorfüllstoff 10 gemäß Fig. 1a entspricht, und welche eine Kunststoffsubstanz, vorzugsweise ein optisch transparentes Epoxid, aufweist. In einer bevorzugten Ausführungsform stehen sauerstoffhaltige funktionelle Gruppen der Epoxidverbindungen chemisch mit den metallischen Ionen, (z. B. Aluminiumionen) des Barrierematerials (z. B. Aluminiumoxid  $Al_2O_3$ ) in Wechselwirkung, d. h. sie bilden eine chemische Bindung aus. Darüber hinaus wird die Deckschicht 23 vorzugsweise mittels hydrophober Epoxidverbindungen gebildet, die eine zusätzliche feuchtigkeitsschützende Barriere darstellen, was für einen zusätzlichen Schutz der instabilen Phosphorverbindungspartikel 21 sorgt. Folglich kann gemäß dieser bevorzugten Ausführungsform der Erfindung die Dicke des Barrierematerials 22 gegenüber der Dicke des Barrierematerials 102 des Phosphorfüllstoffs 100 gemäß dem Stand der Technik, wie er in Fig. 2a gezeigt ist, reduziert werden, ohne dass der Feuchtigkeitsschutz der instabilen Phosphorverbindungspartikel 21 beeinträchtigt wird. Ferner liefert eine optische Vorrichtung wie beispielsweise eine LED mit einer optischen Kuppel mit darin dispergierten Phosphorfüllstoffpartikeln, wobei die Phosphorfüllstoffpar-

## DE 103 01 676 A 1

11

tikel einen dünnen Barrierefilm gemäß dieser bevorzugten Ausführungsform der Erfindung aufweisen, verbesserte Lichtemissionseigenschaften aufgrund des dünneren feuchtigkeitsbeständigen Barrierefilms.

[0072] Vorzugsweise ist die Dicke der Deckschicht 23 verglichen zu der Dicke des Barrierefilms 22 relativ groß. Genauer kann die Dicke der Deckschicht 23 wenigstens das Zweifache, oder vorzugsweise das Zwei- bis Zehnfache der Dicke des Barrierefilms 22 betragen.

[0073] Insbesondere kann die Dicke des feuchtigkeitsbeständigen Barrierefilms 22 im Bereich von 0,1 bis 2 µm liegen, wohingegen die Deckschicht 23 eine Dicke von etwa 2 bis 6 µm, und noch bevorzugter von 3 bis 5 µm aufweist.

[0074] Ähnlich zu der in Fig. 1a gezeigten Ausführungsform neigen die Phosphorfüllstoffe, die instabile Phosphorverbindungspartikel 21 aufweisen, welche mit dem feuchtigkeitsbeständigen Barrierefilm 22 beschichtet sind, welcher wiederum mit der Deckschicht gemäß dieser Ausführungsform der Erfindung gemäß Fig. 1b beschichtet ist, nicht dazu, zu agglomerieren, wenn die Phosphorfüllstoffpartikel in dem Epoxid dispergiert werden, welcher beispielsweise zum Ausbilden einer transparenten optischen Kuppel über dem LED-Chip verwendet wird.

[0075] Wie aus Fig. 1a und Fig. 1b ersichtlich ist, wird der Abstand zwischen benachbarten Phosphorfüllstoffpartikeln 11 oder 21 und 22 in dem beschichteten Phosphorfüllstoff 10 bzw. 20 im Vergleich zu dem in Fig. 2a dargestellten Phosphorfüllstoff gemäß dem Stand der Technik signifikant vergrößert. Folglich wird der Anteil des Lichtes (in Fig. 1a und Fig. 1b durch die Strahlen 13 bzw. 24 symbolisiert) vergrößert, welches durch die Lücke emittiert wird, die zwischen den umgebenden Phosphorfüllstoffpartikeln 11 oder 21 und 22 verblieben ist, was zu einer Verbesserung der Helligkeit führt, die in einer LED mit dieser Art von beschichteten Phosphorfüllstoffen erreicht wird.

[0076] Da der beschichtete Phosphorfüllstoff 10 gemäß Fig. 1a stabile Phosphorverbindungspartikel 11 aufweist und daher keinen feuchtigkeitsbeständigen Barrierefilm ringarn die Partikel 11 benötigt, weist der Phosphorfüllstoff 10 im Vergleich zu dem Phosphorfüllstoff 20 gemäß Fig. 1b, welcher instabile Phosphorverbindungspartikel 21 aufweist, die mit dem feuchtigkeitsbeständigen Barrierefilm 22 beschichtet sind, eine größere optische Durchlässigkeit auf. Allerdings kann in dem Phosphorfüllstoff 20 gemäß Fig. 1b die Dicke des zusätzlichen Barrierefilms 22, der das feuchtigkeitsbeständige Barrierefilm aufweist, wesentlich geringer als im Stand der Technik sein, während er immer noch einen zusätzlichen Schutz der instabilen Phosphorverbindungspartikel 21 gegen Luftfeuchtigkeit und entsprechende Alterungseffekte mittels der Deckschicht 23 gewährleistet.

[0077] Der beschichtete Phosphorfüllstoff gemäß der vorliegenden Erfindung kann zur Ausbildung optischer Vorrichtungen wie beispielsweise einer weißen LED verwendet werden, wie sie in Fig. 2b dargestellt ist, und zwar mittels herkömmlicher Verfahren wie dem "Vormisch"-Verfahren oder "Voreintauch"-Verfahren, welche weiter oben in Zusammenhang mit Fig. 3a und Fig. 3b beschrieben wurden. Aufgrund des erfindungsgemäßen Aufbaus des beschichteten Phosphorfüllstoffs wird die Leistungsfähigkeit einer derartigen optischen Vorrichtung hinsichtlich Lichtausbeute und Helligkeit der optischen Vorrichtung, aber auch hinsichtlich der Zuverlässigkeit der optischen Vorrichtung, wesentlich verbessert.

## Patentansprüche

1 Beschichteter Phosphorfüllstoff, mit

12

einer Mehrzahl individueller Phosphorfüllstoffpartikel, und

einer Deckschicht, mit welcher die Phosphorfüllstoffpartikel beschichtet sind, wobei die Deckschicht eine Kunststoffsubstanz aufweist.

2. Beschichteter Phosphorfüllstoff gemäß Anspruch 1, wobei die Kunststoffsubstanz eine optisch transparente Epoxidverbindung aufweist.

3. Beschichteter Phosphorfüllstoff gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei die Phosphorfüllstoffpartikel stabile Phosphorverbindungspartikel sind.

4. Beschichteter Phosphorfüllstoff gemäß Anspruch 3, wobei die Phosphorfüllstoffpartikel wenigstens ein Mitglied der Granatfamilie, vorzugsweise (Y,Gd)<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub> mit Ce<sup>3+</sup>-Verunreinigungen, aufweisen.

5. Beschichteter Phosphorfüllstoff gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei die Phosphorfüllstoffpartikel instabile Phosphorverbindungspartikel sind, die mit einem feuchtigkeitsbeständigen Barrierefilm beschichtet sind, wobei die Deckschicht auf der äußeren Oberfläche des Barrierefilms vorgesehen ist.

6. Beschichteter Phosphorfüllstoff gemäß Anspruch 5, wobei die Phosphorverbindungsartikel zumindest eine der Komponenten SrGe<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu<sup>2+</sup>, SrS:Eu<sup>2+</sup>, (Sr,Ca)S:Eu<sup>2+</sup> und ZnS:Ag aufweisen.

7. Beschichteter Phosphorfüllstoff gemäß Anspruch 5 oder 6, wobei der Barrierefilm aus einem anorganischen Passivierungsmaterial gebildet ist.

8. Beschichteter Phosphorfüllstoff gemäß Anspruch 7, wobei das anorganische Passivierungsmaterial ein Material aufweist, welches aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus Aluminiumoxid, Siliziummonoxid, Zinksulfid oder Siliziumnitrid besteht.

9. Beschichteter Phosphorfüllstoff gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Dicke der Deckschicht im Bereich von 2 bis 6 µm, vorzugsweise 3 bis 5 µm liegt.

10. Beschichteter Phosphorfüllstoff gemäß einem der Ansprüche 5 bis 9, wobei die Dicke des feuchtigkeitsabweisenden Barrierefilms im Bereich von 0,1 bis 2 µm liegt.

11. Beschichteter Phosphorfüllstoff gemäß einem der Ansprüche 5 bis 10, wobei die Dicke der Deckschicht zumindest das Zweifache der Dicke des Barrierefilms beträgt.

12. Beschichteter Phosphorfüllstoff gemäß einem der Ansprüche 5 bis 11, wobei die Dicke der Deckschicht das Zwei- bis Zehnfache der Dicke des Barrierefilms beträgt.

13. Beschichteter Phosphorfüllstoff gemäß einem der Ansprüche 2 bis 11, wobei die Epoxidverbindung hydrophobe Reste aufweist, die eine feuchtigkeitsabweisende Barriere ausbilden.

14. Verfahren zum Bilden eines beschichteten Phosphorfüllstoffs, wobei jeder von einer Mehrzahl individueller Phosphorfüllstoffpartikel mit einer Deckschicht beschichtet wird, die eine Kunststoffsubstanz aufweist.

15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei die Phosphorfüllstoffpartikel instabile Phosphorverbindungsartikel sind, wobei der Schritt der Beschichtung ferner folgende Schritte aufweist:

Beschichten der instabilen Phosphorverbindungsartikel mit einem feuchtigkeitsbeständigen Barrierefilm; Beschichten der äußeren Oberfläche des feuchtigkeitsbeständigen Barrierefilms mit der Deckschicht.

16. Verfahren nach Anspruch 15, wobei der Schritt der Beschichtung der instabilen Phosphorverbindungsartikel mit einem feuchtigkeitsbeständigen Barrierefilm mittels des maßchemischen Verfahrens durchgeführt

DE 103 01 676 A 1

13

14

wird.

17. Verfahren nach Anspruch 16, wobei der Schritt der Beschichtung der äußeren Oberfläche des feuchtigkeitsbeständigen Barrierefilms mit der Deckschicht dadurch durchgeführt wird, dass die Deckschicht auf dem feuchtigkeitsbeständigen Barrierefilm physikalisch abgeschieden wird. 5

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 17, wobei ein anorganisches Passivierungsmaterial als Barriermaterial verwendet wird. 10

19. Lumineszenzdiode (LED) mit einem LED-Chip, welcher auf einer Kontaktbasis angebracht ist, wobei der LED-Chip an einen ersten und einen zweiten elektrisch leitenden Rahmen elektrisch angeschlossen ist; und einem beschichteten Phosphorfüllstoff, wobei der beschichtete Phosphorfüllstoff eine Mehrzahl von Phosphorfüllstoffpartikeln aufweist und den LED-Chip bedeckt, wobei die Phosphorfüllstoffpartikel mit einer Deckschicht beschichtet sind, welche eine Kunststoffsubstanzen aufweisen. 15 20

20. Lumineszenzdiode (LED) nach Anspruch 19, wobei der LED-Chip mit einem Tropfen des beschichteten Phosphorfüllstoffs in einer Reflektorschale bedeckt ist, die in dem ersten elektrisch leitfähigen Rahmen vorgesehen ist, und wobei der Tropfen und zumindest ein Teil des ersten elektrisch leitenden Rahmens von einer optischen Kuppel übergossen sind, die aus einem optisch transparenten Epoxid besteht. 25

21. Lumineszenzdiode (LED) nach Anspruch 19 oder 20, wobei der LED-Chip und zumindest ein Teil des ersten elektrisch leitenden Rahmens mit einer Mischung aus einer Mehrzahl von individuellen Phosphorfüllstoffpartikeln und einem optisch transparenten Epoxid übergossen sind, wobei die Mischung eine optische Kuppel ausbildet. 30 35

22. Lumineszenzdiode (LED) nach einem der Ansprüche 19 bis 21, wobei die Kunststoffsubstanzen eine optisch transparente Epoxidverbindung ist. 40

23. Lumineszenzdiode (LED) nach einem der Ansprüche 19 bis 22, wobei die Phosphorfüllstoffpartikel instabile Phosphorverbindungspartikel sind, die mit einem feuchtigkeitsbeständigen Barrierefilm beschichtet sind, wobei die Deckschicht auf der äußeren Oberfläche des Barrierefilms vorgesehen ist. 45

24. Lumineszenzdiode (LED) nach Anspruch 19, ferner mit einer optischen Kuppel, wobei die optische Kuppel den LED-Chip bedeckt und aus einem Epoxidmaterial besteht. 50

25. Lumineszenzdiode (LED) nach einem der Ansprüche 19 bis 24, wobei das Barriermaterial ein anorganisches Passivierungsmaterial aufweist. 55

26. Lumineszenzdiode (LED) nach Anspruch 25, wobei das anorganische Passivierungsmaterial ein Material aufweist, welches aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus Aluminiumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), Siliziummonoxid ( $\text{SiO}_2$ ), Zinksulfid ( $\text{ZnS}$ ) oder Siliziumnitrid ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) besteht. 60

27. Lumineszenzdiode (LED) nach einem der Ansprüche 19 bis 26, wobei die Epoxidverbindung hydrophobe Reste aufweist, die eine feuchtigkeitsabweisende Barriere bilden. 65

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen



ZEICHNUNGEN SEITE 1

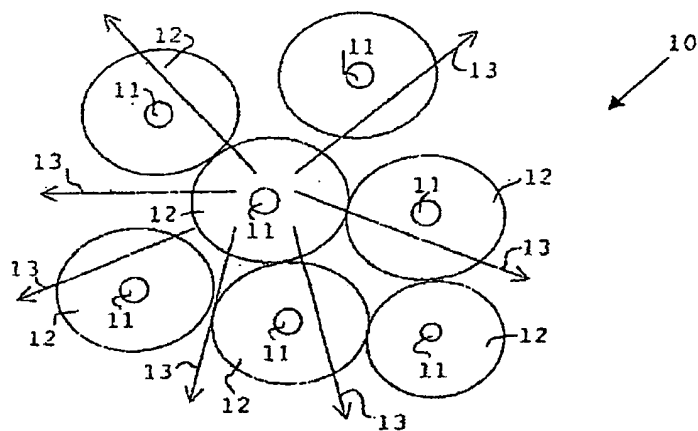
Nummer:  
Int. Cl. 7:  
Offenlegungstag:DE 103 01 676 A1  
C 09 K 11/02  
18. September 2003

FIG 1a

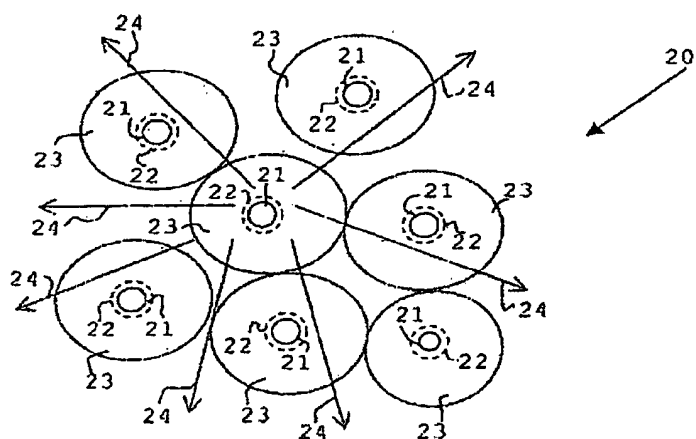


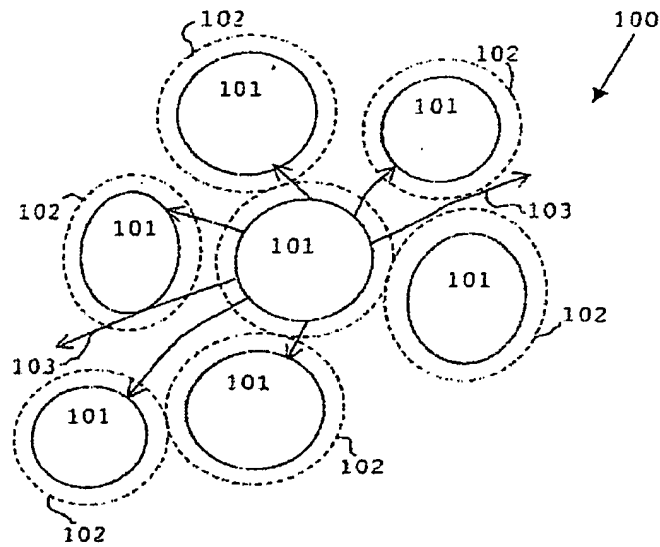
FIG 1b

103 380/559

ZEICHNUNGEN SEITE 2

Nummer:  
Int. Cl.7:  
Offenlegungstag:

DE 103 01 676 A1  
C 09 K 11/02  
18 September 2003



Stand der Technik

FIG 2a

103 380/559

ZEICHNUNGEN SEITE 3

Nummer:

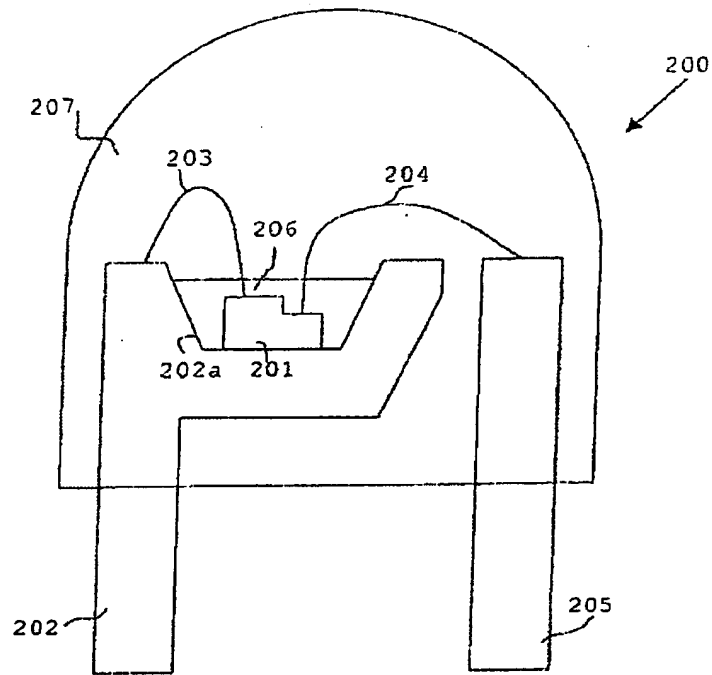
Int. Cl. 7:

Offenlegungstag:

DE 103 01 676 A1

C 09 K 11/02

18. September 2003



Stand der Technik

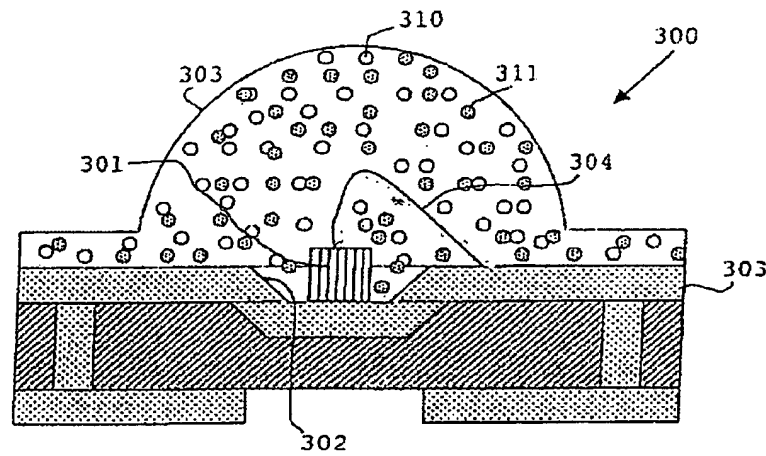
FIG 2b

103 380/559

ZEICHNUNGEN SEITE 4

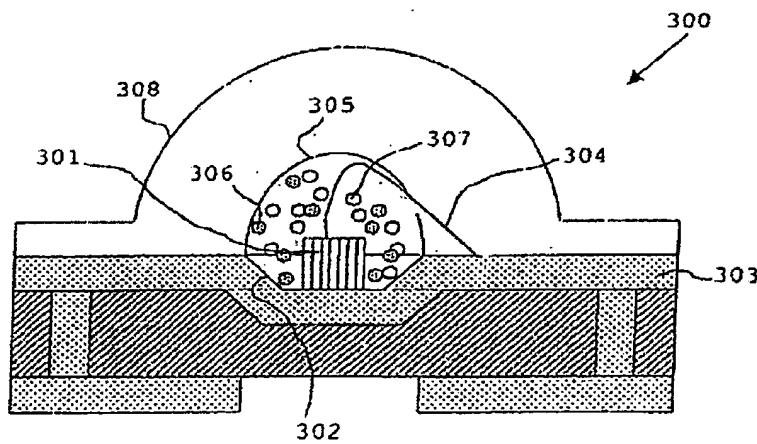
Nummer:  
Int. Cl.7:  
Offenlegungstag:

DE 103 01 678 A1  
C 09 K 11/02  
18. September 2003



Stand der Technik

FIG 3a



Stand der Technik

FIG 3b

103 380/559